

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
4 août 2005 (04.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/071692 A2**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G21C 3/33

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/003141

(22) Date de dépôt international :  
7 décembre 2004 (07.12.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0315182 22 décembre 2003 (22.12.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : FRAM-  
ATOME ANP [FR/FR]; Tour Areva, 1, Place de la  
Coupole, F-92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : LABAR-  
RIERE, Eric [FR/FR]; Le Mas Pressieu, F-01800 SAINT-  
ELOI (FR). BEATI, Angelo [FR/FR]; 101, rue Corneille,  
F-69003 LYON (FR). BONNAMOUR, Michel [FR/FR];  
9 bis, rue du Transvaal, F-69008 LYON (FR).

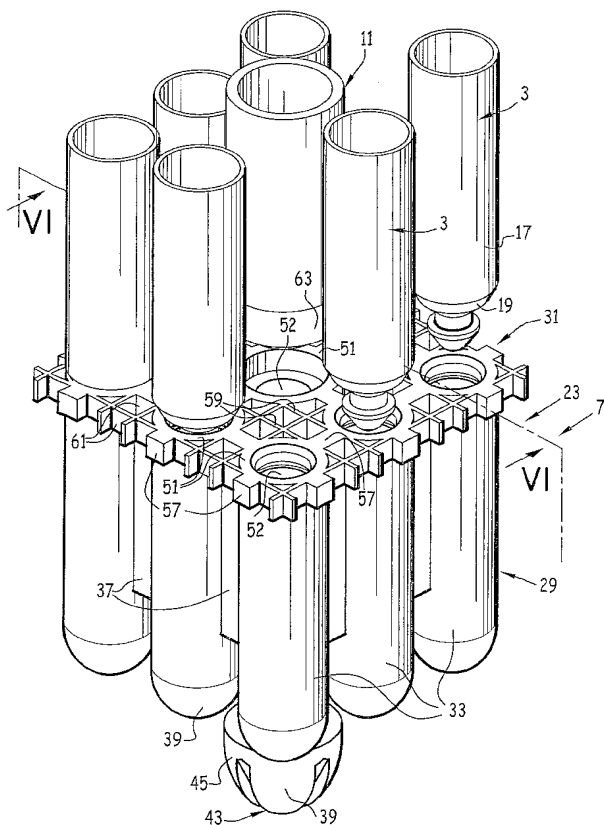
(74) Mandataires : DOMENEGO, Bertrand etc.; Cabinet  
Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex  
09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: FUEL ASSEMBLY END-PIECE WITH MEANS FOR MAINTAINING PENCIL ENDS AND CORRESPONDING ASSEMBLY

(54) Titre : EMBOUT D'EXTREMITÉ D'ASSEMBLAGE DE COMBUSTIBLE A MOYENS DE MAINTIEN DES EXTREMITES DES CRAYONS ET ASSEMBLAGE CORRESPONDANT



(57) Abstract: The end-piece comprises means for maintaining adjacent longitudinal ends (19) of substantially all fuel pencils (3). The maintaining means are disposed in nodes of the substantially regular network formed by the pencils.

(57) Abrégé : Cet embout comprend des moyens de maintien des extrémités longitudinales adjacentes (19) de sensiblement tous les crayons de combustible (3), lesquels moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier formé par les crayons.

WO 2005/071692 A2



KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**Embout d'extrémité d'assemblage de combustible à moyens de maintien des extrémités des crayons et assemblage correspondant.**

La présente invention concerne un embout d'extrémité pour assemblage de combustible de réacteur nucléaire, l'assemblage comprenant des  
5 crayons de combustible et un squelette de support des crayons de combustible, les crayons de combustible s'étendant le long d'une direction longitudinale et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support comprenant deux embouts d'extrémité et des éléments de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible étant dispo-  
10 sés longitudinalement entre les embouts d'extrémité.

L'invention s'applique en particulier à la réalisation d'embouts inférieurs d'assemblages de combustible pour réacteurs nucléaires à eau pressurisée (PWR en anglais).

EP-537 044 décrit un embout inférieur pour un tel assemblage. Cet  
15 embout comprend une paroi horizontale munie de pieds d'appui sur la plaque inférieure d'un cœur de réacteur nucléaire. Les éléments de liaison de l'embout inférieur à l'embout supérieur sont constitués par des tubes-guides. Ces tubes-guides sont fixés à la paroi horizontale de l'embout. La paroi horizontale comporte sous sa surface inférieure des nervures de renfort. Dans  
20 chaque zone de la paroi horizontale délimitée entre les nervures de renfort, des ouvertures de passage de l'eau de réfrigération sont ménagées de sorte que la paroi horizontale constitue un filtre anti-débris.

L'eau de réfrigération circule dans le cœur du réacteur verticalement de bas en haut. Plus précisément, l'eau pénètre dans le cœur au travers de  
25 la plaque inférieure de cœur, puis traverse l'embout inférieur par l'intermédiaire des ouvertures précitées, avant d'entrer en contact avec les surfaces extérieures des crayons de combustible.

L'eau circule dans le cœur avec une vitesse ascendante très importante.

30 On a constaté, lors du fonctionnement du cœur, que les crayons de combustible, et notamment leurs extrémités inférieures, étaient soumis à des vibrations susceptibles de les détériorer.

Plus précisément, des phénomènes de frottement ou « fretting » sont susceptibles d'apparaître notamment entre la grille inférieure du squelette de support et les gaines extérieures des crayons de combustible.

5 Ces phénomènes de frottement peuvent induire des endommagements de gaines extérieures susceptibles de provoquer le relâchement de produit ou de gaz de fission dans l'eau du circuit primaire.

Un but de l'invention est de résoudre ce problème en limitant les vibrations des crayons de combustible d'assemblages pour réacteur nucléaire.

10 A cet effet, l'invention a pour objet un embout d'extrémité pour assemblage de combustible de réacteur nucléaire, l'assemblage comprenant des crayons de combustible et un squelette de support des crayons de combustible, les crayons de combustible s'étendant le long d'une direction longitudinale et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support comprenant deux embouts d'extrémité et des  
15 éléments de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité,

caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de maintien latéral des extrémités longitudinales adjacentes de sensiblement tous les crayons de combustible, lesquels moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier.

Selon des modes particuliers de réalisation, l'embout peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possible(s) :

25 - les moyens de maintien comprennent des logements de réception des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,

- les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible par rapport à l'embout d'extrémité,

30 - l'embout comprend deux pièces pour enserrer entre elles les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,

- l'une des pièces constitue un filtre anti-débris,

- les moyens de blocage longitudinal comprennent des tétons sur lesquels des viroles des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible sont destinées à être emmanchées,

5       - les moyens de blocage longitudinal comprennent des vis destinées à être engagées dans les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,

- les moyens de blocage longitudinal sont des moyens de blocage par encliquetage,

10       - l'embout constitue un embout inférieur et en ce que les extrémités longitudinales adjacentes sont les extrémités inférieures des crayons de combustible, et

- l'embout comporte des pieds d'appui sur une plaque inférieure du cœur du réacteur nucléaire.

15       L'invention a en outre pour objet un assemblage de combustible pour réacteur nucléaire, l'assemblage comprenant des crayons de combustible et un squelette de support des crayons de combustible, les crayons de combustible s'étendant le long d'une direction longitudinale et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support comprenant deux embouts d'extrémité et des éléments de liaison des embouts  
20 d'extrémité, les crayons de combustible étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité, caractérisé en ce qu'au moins un embout est un embout tel que défini ci-dessus.

25       Selon des modes particuliers de réalisation, l'assemblage peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possible(s) :

- les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible par rapport à l'embout d'extrémité,

30       - les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible par rapport à l'embout d'extrémité,

- ledit embout comprend deux pièces enserrant entre elles les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible,

- les moyens de blocage longitudinal comprennent des tétons prévus sur ledit embout et des viroles prévues aux extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible et emmanchées sur lesdits tétons,

5           - les viroles comprennent des reliefs d'appui sur l'une des pièces,  
- les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible comprennent des pieds élargis enserrés entre les deux pièces,

- les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible sont dudgeonnées sur ledit embout,

10           - les moyens de blocage longitudinal comprennent des vis prenant appui sur ledit embout et engagées dans les extrémités longitudinales adjacentes des crayons de combustible, et

- les moyens de blocage longitudinal sont des moyens de blocage par encliquetage.

15           L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique latérale d'un assemblage de combustible selon l'état de la technique,

20           - la figure 2 est une vue schématique en plan montrant la répartition des crayons de combustible dans l'assemblage de la figure 1,

- la figure 3 est une vue schématique de dessous de l'embout inférieur d'un assemblage de combustible selon une première variante d'un premier mode de réalisation de l'invention,

25           - la figure 4 est une vue schématique en perspective de l'embout de la figure 3,

- la figure 5 est une vue schématique, partielle et en perspective éclatée illustrant la liaison de l'embout inférieur de la figure 3 aux crayons de combustible et aux tubes-guides,

30           - la figure 6 est une vue partielle, schématique et en coupe prise suivant le plan VI-VI de la figure 5 et illustrant la liaison entre l'embout inférieur, les tubes-guides et les crayons de combustible,

- la figure 7 est une vue partielle, schématique et de dessus illustrant la liaison d'un pied au reste de l'embout inférieur de la figure 3,

- la figure 8 est une vue schématique, partielle, et en perspective illustrant une deuxième variante du premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 9 est une vue latérale, schématique et partiellement en coupe illustrant une première variante d'un embout inférieur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, et

- les figures 10 à 13 sont des vues analogues à la figure 9 illustrant d'autres variantes du deuxième mode de réalisation de l'invention.

Afin d'illustrer le contexte de l'invention, la figure 1 représente schématiquement un assemblage 1 de combustible nucléaire pour réacteur à eau pressurisée. L'eau y assure donc une fonction de réfrigération et de modération, c'est-à-dire de ralentissement des neutrons produits par le combustible nucléaire.

L'assemblage 1 s'étend verticalement et de manière rectiligne le long d'une direction longitudinale A.

De manière classique, l'assemblage 1 comprend principalement des crayons 3 de combustible nucléaire et une structure ou squelette 5 de support des crayons 3.

Le squelette de support 5 comprend classiquement :

- un embout inférieur 7 et un embout supérieur 9 disposés aux extrémités longitudinales de l'assemblage 1,
- des tubes-guides 11 destinés à recevoir les crayons d'une grappe non-représentée de commande et d'arrêt du réacteur nucléaire, et
- des grilles 13 de maintien des crayons 3.

Les embouts 7 et 9 sont fixés aux extrémités longitudinales des tubes guides 11.

Les crayons 3 s'étendent verticalement entre les embouts 7 et 9. Les crayons 3 sont disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier à base carrée où ils sont maintenus par les grilles 13. Certains des nœuds du réseau sont occupés par les tubes-guides 11 et éventuellement par un tube d'instrumentation 14 visible au centre de la figure 2. Sur cette figure 2, les crayons 3 sont en pointillés, les tubes-guides 11 en trait fort, et le tube d'instrumentation 14 est représenté par un disque noir.

Les grilles 13 comprennent classiquement des jeux de plaquettes 15 entrecroisées qui délimitent entre elles des cellules centrées sur les noeuds du réseau régulier. La plupart des cellules sont destinées à recevoir un crayon de combustible 3. Vingt quatre cellules reçoivent chacune un tube-guide 11 et la cellule centrale reçoit le tube d'instrumentation 14.

Dans l'exemple des figures 1 et 2, les grilles de maintien 13 comprennent 17 cellules par côté et le réseau régulier comprend le même nombre de noeuds par côté.

Dans d'autres variantes, le nombre de cellules et de noeuds par côté peut être différent, par exemple de 14 x 14 ou de 15 x 15.

Chaque crayon 3 comprend de manière classique une gaine extérieure 17 fermée par un bouchon inférieur 19 et un bouchon supérieur 21, et contenant le combustible nucléaire. Il s'agit par exemple de pastilles de combustible empilées, les pastilles prenant appui sur le bouchon inférieur 19.

Un ressort hélicoïdal non-représenté de maintien peut être disposé dans la gaine 17 entre la pastille supérieure et le bouchon supérieur 21.

Les figures 3 à 7 illustrent un embout inférieur 7 selon l'invention qui peut équiper un assemblage 1 tel que celui décrit en regard des figures 1 et 2. De préférence, les grilles de maintien 13 sont des grilles telles que celles décrites dans les documents US-6 542 567 et EP-925 589. Dans certaines variantes également, l'embout 7 peut équiper des assemblages différents de celui décrit précédemment et/ou comprenant des grilles de maintien différentes.

L'embout 7 comprend une paroi 23 horizontale et des pieds 25 qui prolongent la paroi 23 vers le bas pour s'appuyer sur la plaque inférieure du cœur du réacteur.

La paroi 23 a une forme générale parallélipipédique plane et les pieds 25 sont disposés chacun dans un coin de la paroi 23. La paroi 23 comprend un corps inférieur 29 et une plaque supérieure 31 qui recouvre le corps 29.



Le corps inférieur 29 comprend une pluralité de blocs 33 qui sont disposés aux nœuds du même réseau que les crayons de combustible 3, les tubes-guides 11 et le tube d'instrumentation 14.

5 Ainsi, comme on le voit sur la figure 3, le corps 29 comprend 17x17 blocs 33 de formes cylindriques.

Chaque bloc 33 est donc situé longitudinalement en dessous soit d'un crayon de combustible 3, soit d'un tube-guide 11 soit du tube d'instrumentation 14, si l'assemblage 1 en comprend.

10 Les blocs 33 sont reliés entre eux par des nervures 37 de rigidification qui quadrillent le corps inférieur 29.

Les blocs 33 qui sont disposés sous les crayons de combustible 3, c'est-à-dire la plupart des blocs 33, ont un diamètre correspondant sensiblement au diamètre extérieur des crayons 3 et sont prolongés vers le bas par des nez 39. Ces nez 39 ont sensiblement des formes d'ogive conver-  
15 geant vers le bas. Ces nez 39 sont venus de matière avec les blocs 33 considérés.

Comme on le voit sur les figures 3 et 6, les blocs 33 disposés sous les tubes-guides 11 et le tube d'instrumentation 14 ne comportent pas de nez 39 intégrés, mais sont percés d'alésages verticaux 41. Pour chaque  
20 bloc 33 disposé sous un tube-guide 11, l'alésage 41 est un alésage de réception de la tige d'une vis 43 de fixation de l'embout 7 au tube-guide 11 considéré. On notera que la tête 45 de la vis 43 a sensiblement une forme d'ogive et constitue également un nez 39 disposé sous le bloc 33 considéré. On notera que les vis 43 n'ont pas été représentées sur la figure 3.

25 L'alésage 41 du bloc 33 central, disposé sous le tube d'instrumentation 14, est quant à lui laissé libre pour permettre le passage de la sonde du tube d'instrumentation 14.

Ainsi, le corps inférieur 29 de l'embout 7 présente un réseau de nez 39 similaire à celui des crayons de combustible 3 et des tubes-guides 11.

30 Ce réseau est seulement interrompu au droit du tube d'instrumentation 14. Dans certaines variantes, le réseau peut également être interrompu localement au voisinage de ce tube 14 de manière plus importante.

Dans ces variantes, l'essentiel des crayons 3 restent cependant disposés au-dessus de nez 39.

Les blocs 33 disposés sous les crayons de combustible 3 présentent en outre des orifices borgnes 47 qui débouchent dans la surface supérieure du corps inférieur 29. Ces orifices 47 présentent des tronçons supérieurs 49  
5 divergeant vers le haut.

Comme illustré par les figures 5 et 6, la plaque supérieure 31 comporte des anneaux 51 disposés aux nœuds du même réseau sensiblement régulier que les blocs 33. Les passages intérieurs 52 des anneaux 51 disposés sous les crayons de combustible 3 ont des tronçons supérieurs 53 di-  
10 vergeant vers le haut et des tronçons inférieurs 55 sensiblement cylindriques disposés dans le prolongement des tronçons supérieurs divergents 49 des orifices borgnes 47. Le diamètre extérieur de ces anneaux 51 est sensiblement égal à celui des crayons 3.

Les passages intérieurs 52 des anneaux 51 disposés sous les tubes-guides 11 et le tube d'instrumentation 14 ont par exemple des formes cylindriques. Le diamètre extérieur de ces anneaux 51 est sensiblement égal à celui des tubes-guides 11 et du tube d'instrumentation 14.  
15

Les anneaux 51 sont reliés entre-eux par des nervures de rigidification 57 disposées par exemple sous forme d'un quadrillage analogue à celui des nervures 37 du corps inférieur 29.  
20

Lorsque la plaque supérieure 31 recouvre le corps inférieur 29 de l'embout 7, et comme on le voit sur les figures 5 et 6, les nervures 57 sont disposées au-dessus des nervures 37 du corps 29, les anneaux 51 sont disposés au-dessus des blocs 33. Il y a alors continuité longitudinale entre le  
25 corps 29 et la plaque 31.

Des lames 59, plus fines que les nervures 57 s'étendent entre les anneaux 51 et les nervures 57 pour délimiter dans la plaque 31 des ouvertures 61 de passage et de filtration de l'eau de réfrigération. Dans l'exemple représenté, les lames 59 sont disposées sous forme d'un quadrillage.  
30

Ainsi, la plaque supérieure 31 forme un filtre anti-débris.

Comme illustré plus précisément par les figures 5 et 6, les tiges 62 des vis 43 de fixation des tubes-guides 11 traversent les alésages 41 cor-

respondants et sont engagées dans des bouchons inférieurs 63 solidaires des tubes-guides 11. Les bouchons 63 prennent alors appui sur la plaque supérieure 31, et les têtes 45 des vis 43 prennent appui sous le corps inférieur 29.

5           La plaque supérieure 31 et le corps inférieur 29 sont plaqués l'un contre l'autre et l'embout 7 est solidaire du reste du squelette de support 5.

Comme on le voit sur la figure 7, les pieds 25 ont par exemple été fixés aux coins du corps inférieur 29 par l'intermédiaire de vis 65 de fixation.

10           On notera que sur la figure 7, le réseau de bloc 33 n'a été que partiellement représenté et leur structure n'a pas été détaillée.

Les passages 52 des anneaux 51 disposés sous les crayons de combustible 3 et les orifices borgnes 47 des blocs 33 disposés en dessous forment des logements 67 de réception des bouchons inférieurs 19 des crayons de combustible 3.

15           Dans l'exemple illustré par les figures 3 à 7, les bouchons inférieurs 19 prennent appui sur les tronçons supérieurs divergeants 53 de ces passages 67 via des régions de forme complémentaire. Les crayons 3 sont ainsi tous maintenus latéralement via leurs extrémités inférieures par rapport à l'embout inférieur 7. Les extrémités supérieures des crayons 3 sont par  
20           exemple libres comme dans l'état de la technique et ne sont pas maintenues par l'embout supérieur.

La présence des nez 39, placés dans le prolongement des crayons 3 et des tubes-guides 11, permet d'orienter les veines d'écoulement sensiblement verticalement le long des extrémités inférieures des crayons 3 et donc  
25           de diminuer les vitesses latérales d'écoulement de l'eau.

Les vibrations des extrémités inférieures crayons 3 sont ainsi réduites lors du fonctionnement du réacteur.

Les risques de vibration des crayons 3 sont encore plus réduits du fait du maintien latéral des extrémités inférieures des crayons 3 par l'embout 7  
30           lui-même. Ainsi, les vibrations des crayons 3 sont limitées, à un point tel qu'il est possible de supprimer la grille inférieure 13 de maintien.

Les risques d'endommagement par fretting des gaines 17 des crayons de combustible 3 sont donc limités.

On notera que l'embout 7 présente en outre une bonne transparence à l'écoulement de l'eau et n'induit donc pas de perte de charge importante.

De manière générale, d'autres formes que des formes d'ogives peuvent être envisagées pour les nez 39 d'orientation longitudinale de l'écoulement au voisinage des extrémités inférieures des crayons 3.

Il peut ainsi s'agir notamment de formes convergeant vers le bas, telles que des formes coniques.

En outre, la densité des nez 39 peut être moins importante que dans l'exemple décrit précédemment, tant que l'essentiel des crayons 3 surmontent un nez 39.

Typiquement, l'embout inférieur 7 peut être réalisé en acier inoxydable ou en alliage de zirconium.

Il peut être réalisé par tout procédé classique.

Ainsi, le corps 29 et la plaque 31 peuvent être réalisés soit par moulage, soit par un procédé utilisant des jets d'eau abrasifs à très haute pression (plusieurs milliers de bars), cette eau pouvant être chargée de particules abrasives.

Comme illustré par la variante de la figure 8, la paroi horizontale 23 de l'embout inférieur 7 n'est pas nécessairement constituée en deux parties. Ainsi, dans cette variante, le filtre anti-débris est intégré au corps 29, c'est-à-dire que les lames 59 s'étendent entre les nervures de rigidification 37.

Dans la variante de la figure 8, on notera également que les pieds 25 sont, tout comme les lames 59, venus de matière avec le corps 29.

L'embout inférieur 7 est alors réalisé d'une seule pièce.

On notera également que des nez 39 disposés en un réseau correspondant sensiblement à celui des crayons 3 peuvent être utilisés indépendamment de la présence sur l'embout 7 de moyens de maintien des extrémités inférieures des crayons 3.

A l'inverse, le maintien des crayons 3 par l'embout inférieur 7 peut être plus important et inclure un blocage longitudinal comme illustré par le deuxième mode de réalisation de l'invention.

La première variante de ce mode de réalisation, illustrée par la figure 9, se distingue de celle des figures 1 à 7 principalement par le fait que les

blocs 33 disposés longitudinalement sous les crayons de combustible 3 sont prolongés vers le haut par des tétons 71 bordés par des gorges circulaires 73.

5 Les bouchons inférieurs 19 des crayons 3 sont prolongés vers le bas par des viroles sensiblement cylindriques 75. Ces viroles 75 sont fendues pour présenter des languettes 77 déformables élastiquement.

Chaque virole 75 est déformée pour présenter un renflement bombé constituant un bourrelet circulaire 79.

10 Le diamètre intérieur de la virole 75 est légèrement inférieur au diamètre extérieur des tétons 71.

Pour assembler les crayons de combustible 3 à l'embout inférieur 7, on procède comme illustré par la partie gauche de la figure 9.

15 On a préalablement enfilé la plaque supérieure 31 sur les crayons de combustible 3 en faisant passer les extrémités supérieures des crayons de combustible 3 dans les passages intérieurs 52 des anneaux 51.

Ensuite, on vient enficher les viroles 75 sur les tétons 71, comme matérialisé par la flèche 81 sur la partie gauche de la figure 9.

Au cours de cet enfichage, les languettes 77 sont légèrement déformées élastiquement latéralement vers l'extérieur.

20 Ensuite, on abaisse la plaque supérieure 31 jusqu'à l'appuyer contre le corps inférieur 29, comme illustré par la partie droite de la figure 9.

Des tronçons inférieurs 83 des passages 52 des anneaux 51 viennent alors s'appuyer contre le bourrelet 79. Ces tronçons inférieurs 83 ont par exemple des formes divergeant vers le bas.

25 La fixation de l'embout inférieur 7 aux tubes-guides 11 par l'intermédiaire des vis 43 décrites précédemment permet de terminer la constitution du squelette 5 de support.

30 La plaque supérieure 31 est alors maintenue plaquée longitudinalement contre le corps inférieur 29 et serre ainsi longitudinalement les extrémités inférieures des crayons 3 contre le corps 29 par l'intermédiaire des bourrelets 79.

Tous les crayons de combustible 3 sont alors bloqués longitudinalement par rapport à l'embout inférieur 7, induisant ainsi un blocage latéral des

crayons 3 par rapport à l'embout 3, ce qui réduit encore plus les risques de vibration des crayons de combustible 3 et d'endommagement par fretting.

La figure 10 illustre une seconde variante de ce mode de réalisation.

5 Dans cette variante, les viroles 75 ont des diamètres extérieurs plus réduits, et donc inférieurs au diamètre extérieur des gaines 17 des crayons de combustible 3. Les viroles 75 sont alors reliées par des épaulements 85 aux surfaces latérales des bouchons inférieurs 19. Les passages centraux 52 des anneaux 51 présentent, en plus du tronçon inférieur divergeant 83, un tronçon supérieur 87 divergeant vers le haut.

10 Le diamètre extérieur des tétons 71 est plus réduit que dans la première variante de la figure 9.

Pour assembler les crayons de combustible 3 à l'embout inférieur 7, on commence par insérer les viroles 75 dans les passages 52 des anneaux 51 de la grille 31, comme matérialisé par la flèche 88 sur la partie gauche de la figure 10. Au cours de cette insertion, les languettes 77 se déforment élastiquement latéralement vers l'intérieur, jusqu'à ce que les bourrelets 79 viennent se placer sous les tronçons tronconiques 83 et que les épaulements 85 s'appuient sur la surface supérieure de la grille anti-débris 31. Les bouchons inférieurs 19 des crayons 3 sont alors assemblés par encliquetage à la grille supérieure 31.

20 Ensuite, on plaque la grille supérieure 31 contre le bloc inférieur 29 de sorte que les tétons 71 pénètrent à l'intérieur des viroles 75. Les tétons 71 empêchent alors la déformation des lames 77 et donc le désencliquetage des bouchons inférieurs 19 de la plaque supérieure 31.

25 La fixation de l'embout inférieur 7 aux tubes-guides 11 par l'intermédiaire des vis 43 permet de compléter la réalisation du squelette de support 5.

30 Dans cette deuxième variante, les extrémités inférieures des crayons de combustible 3 sont également bloquées longitudinalement et latéralement par rapport à l'embout 7.

Dans la troisième variante de la figure 11, les bouchons inférieurs 19 des crayons de combustible 3 comportent des pieds inférieurs élargis 89,

par exemple sous forme de disques de diamètre plus important que le diamètre extérieur des gaines extérieures 17.

Après avoir enfilé les crayons de combustible 3 par leurs extrémités supérieures dans les anneaux 51 de la grille 31, ces pieds 89 viennent s'engager dans des lamages inférieurs 91 ménagés dans les anneaux 51. Les pieds 89, et donc les extrémités inférieures des crayons de combustible 3, sont donc bloqués longitudinalement entre le corps inférieur 29 de l'embout 7 et la plaque supérieure 31, grâce aux vis 43 de fixation aux tubes-guides 11.

Dans la variante de la figure 12, les bouchons inférieurs 19 des crayons de combustible 3 comportent également des viroles 75 qui, toutefois, ne sont pas fendues. Ces viroles 75 ont été insérées dans les passages 52 des anneaux 51 et fixées aux anneaux 51 par dudgeonnage.

Les extrémités inférieures des crayons de combustible 3 sont donc bloquées longitudinalement et latéralement à la plaque supérieure 31 de l'embout inférieur 7 qui est elle-même fixée, par les vis 43, au corps 29 de l'embout inférieur 7.

La figure 13 illustre encore une autre variante où le blocage des crayons de combustible 3 sur l'embout 7 est réalisé grâce à des vis 43 analogues à celles utilisées pour la fixation aux tubes-guides 11.

Ainsi, chaque nez 39 disposé sous un crayon 3 est formé par une tête 45 de vis 43, dont la tige 62 traverse le bloc 33 correspondant et est vissée dans le bouchon inférieur 19 du crayon 3 correspondant.

Dans chacun des modes de réalisation et dans chacune des variantes décrites ci-dessus, l'embout 7 peut ne pas comprendre de filtre anti-débris.

On notera à nouveau que la présence dans l'embout 7 de moyens de maintien, ou encore mieux de moyens de blocage latéral et/ou longitudinal de tous les crayons 3, peut être envisagée séparément de l'utilisation de nez 39 d'orientation de l'écoulement de l'eau de réfrigération le long des crayons 3, puisqu'ils permettent indépendamment de limiter les risques de vibration des crayons de combustible 3.

Dans certaines variantes, quelques crayons peuvent ne pas être maintenus par l'embout 7, l'essentiel des crayons restent cependant maintenus.

- 5 De manière plus générale, les principes décrits ci-dessus peuvent être utilisés non seulement pour les assemblages destinés aux réacteurs à eau pressurisée mais également pour ceux destinés aux réacteurs à eau bouillante (BWR en anglais).



### REVENDEICATIONS

1. Embout d'extrémité (7) pour assemblage de combustible (1) de réacteur nucléaire, l'assemblage (1) comprenant des crayons de combustible (3) et un squelette (5) de support des crayons de combustible (3), les  
5 crayons de combustible (3) s'étendant le long d'une direction longitudinale (A) et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support (5) comprenant deux embouts d'extrémité (7, 9) et des éléments (11) de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible (3) étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité (7, 9),  
10 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (67 ; 71, 83 ; 91 ; 51 ; 43) de maintien latéral des extrémités longitudinales adjacentes (19) de sensiblement tous les crayons de combustible (3), lesdits moyens de maintien sont disposés en des nœuds du réseau sensiblement régulier, en ce que les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des  
15 extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) par rapport à l'embout d'extrémité (7), et en ce que l'embout comprend deux pièces (29, 31) pour enserrer longitudinalement entre elles les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).
2. Embout selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens  
20 de maintien comprennent des logements (67) de réception des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).
3. Embout selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'une des pièces constitue un filtre anti-débris (31).
4. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en  
25 ce que les moyens de blocage longitudinal comprennent des tétons (71) sur lesquels des viroles (75) des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) sont destinées à être emmanchées.
5. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en  
30 ce que les moyens de blocage longitudinal comprennent des vis (43) destinées à être engagées dans les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

6. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal sont des moyens de blocage par encliquetage (figure 10).

5 7. Embout selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il constitue un embout inférieur et en ce que les extrémités longitudinales adjacentes (19) sont les extrémités inférieures des crayons de combustible (3).

10 8. Embout selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte des pieds (25) d'appui sur une plaque inférieure du cœur du réacteur nucléaire.

9. Assemblage de combustible (1) pour réacteur nucléaire, l'assemblage (1) comprenant des crayons de combustible (3) et un squelette (5) de support des crayons de combustible (3), les crayons de combustible (3) s'étendant le long d'une direction longitudinale (A) et étant disposés aux nœuds d'un réseau sensiblement régulier, le squelette de support (5) comprenant deux embouts d'extrémité (7, 9) et des éléments (11) de liaison des embouts d'extrémité, les crayons de combustible (3) étant disposés longitudinalement entre les embouts d'extrémité (7, 9), caractérisé en ce qu'au moins un embout (7) est un embout selon l'une des revendications précédentes, en ce que les moyens de maintien constituent des moyens de blocage longitudinal des extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) par rapport à l'embout d'extrémité (7), et en ce que ledit embout (7) comprend deux pièces (29, 31) enserrant longitudinalement entre elles les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

10. Assemblage selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de maintien comprennent des logements (67) recevant les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

30 11. Assemblage selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal comprennent des tétons (71) prévus sur ledit embout (7) et des viroles (75) prévues aux extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) et emmanchées sur lesdits tétons (71).

12. Assemblage selon la revendication 11, caractérisé en ce que les viroles (75) comprennent des reliefs (79) d'appui sur l'une des pièces (29, 31).

5 13. Assemblage selon la revendication 9, caractérisé en ce que les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3) comprennent des pieds élargis (89) enserrés entre les deux pièces (29, 31).

10 14. Assemblage selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal comprennent des vis (43) prenant appui sur ledit embout (7) et engagées dans les extrémités longitudinales adjacentes (19) des crayons de combustible (3).

15. Assemblage selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que les moyens de blocage longitudinal sont des moyens de blocage par encliquetage (figure 10).

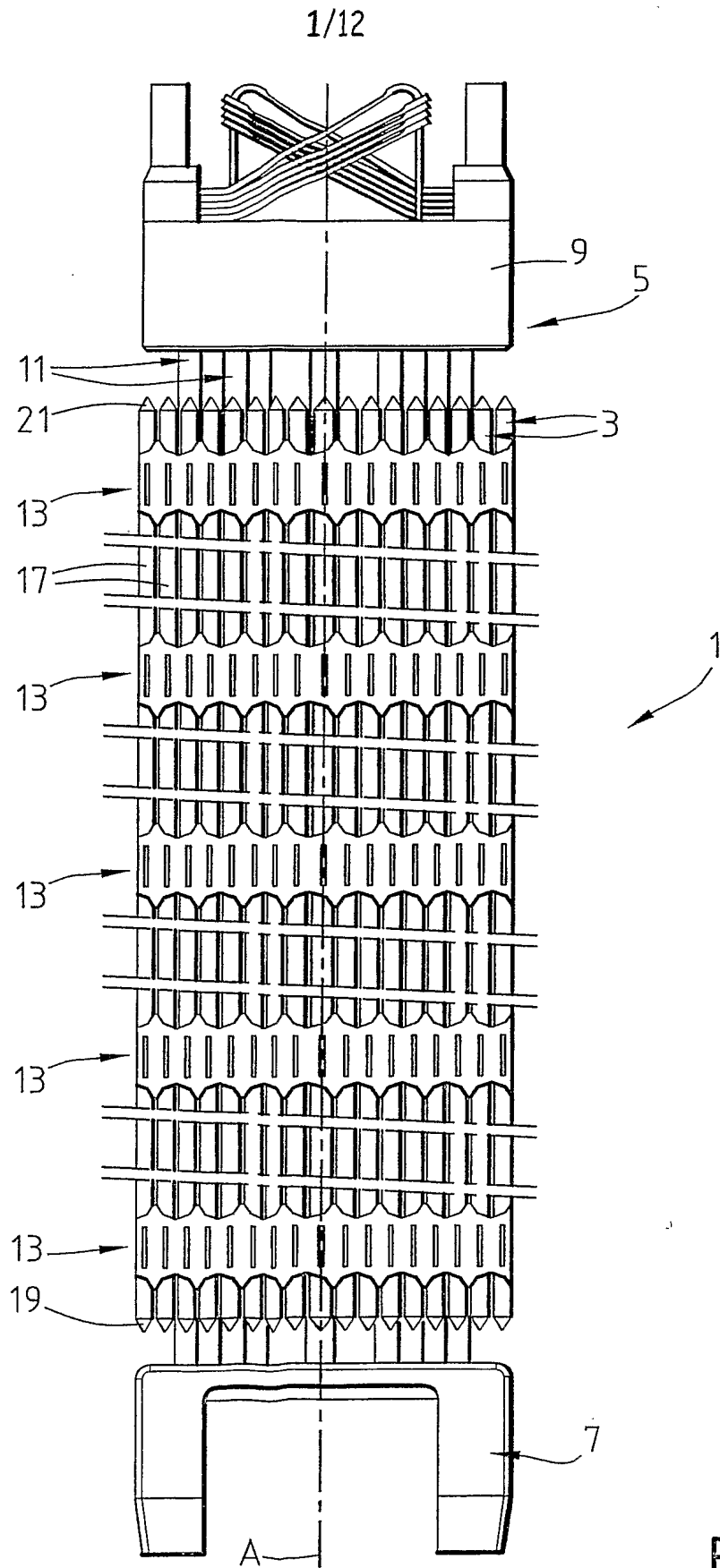


FIG. 1

2/12

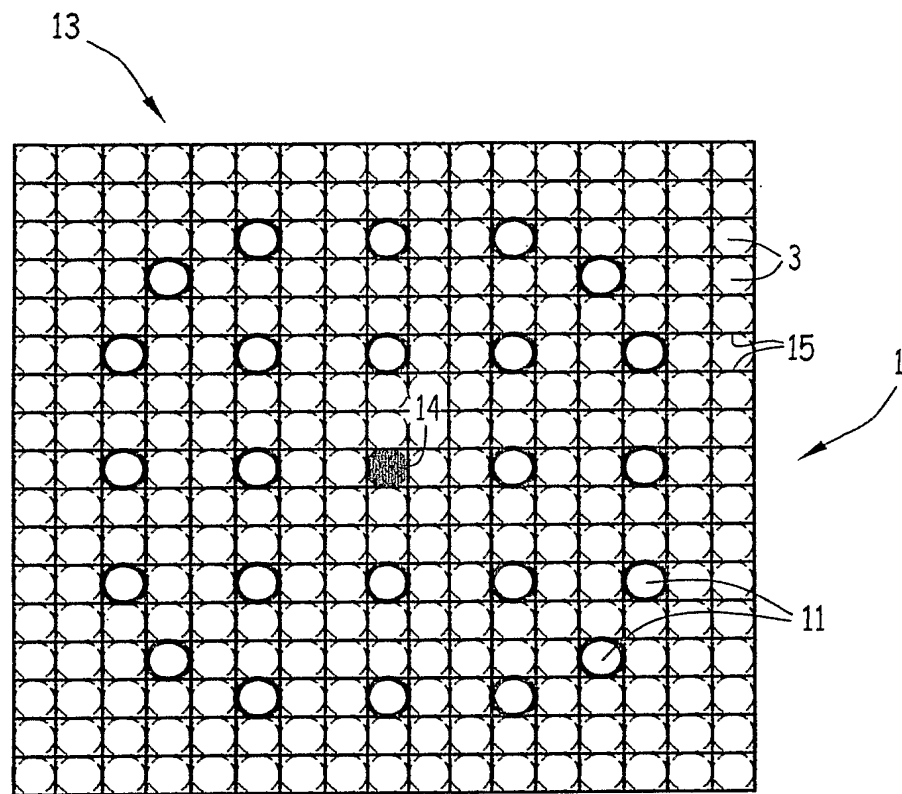


FIG. 2

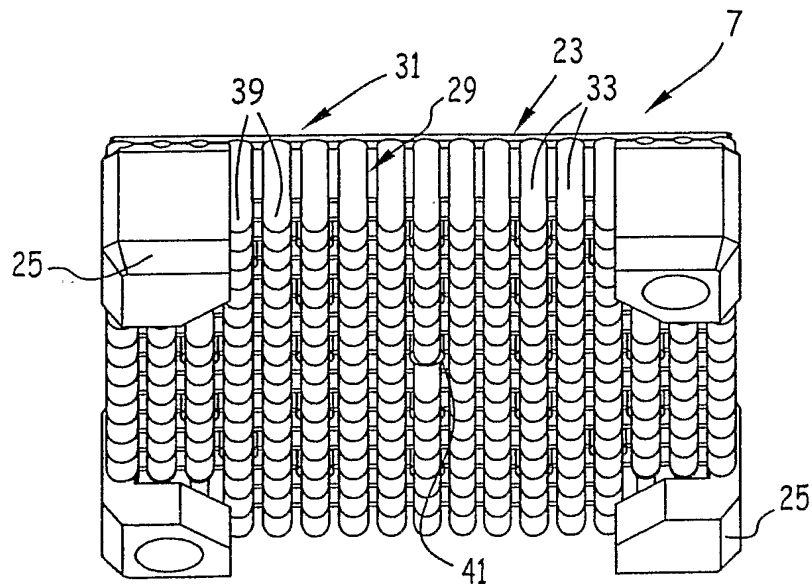
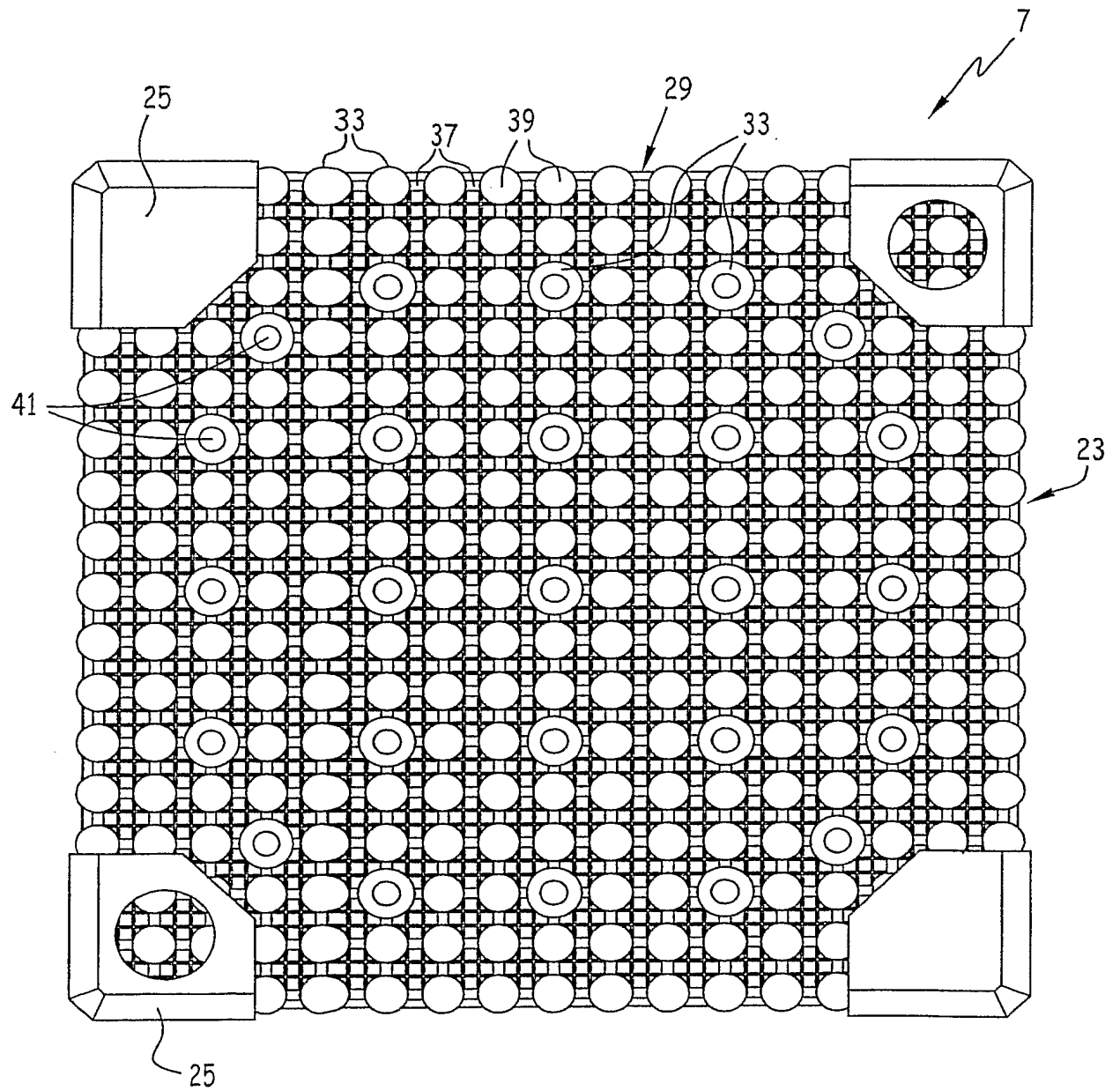
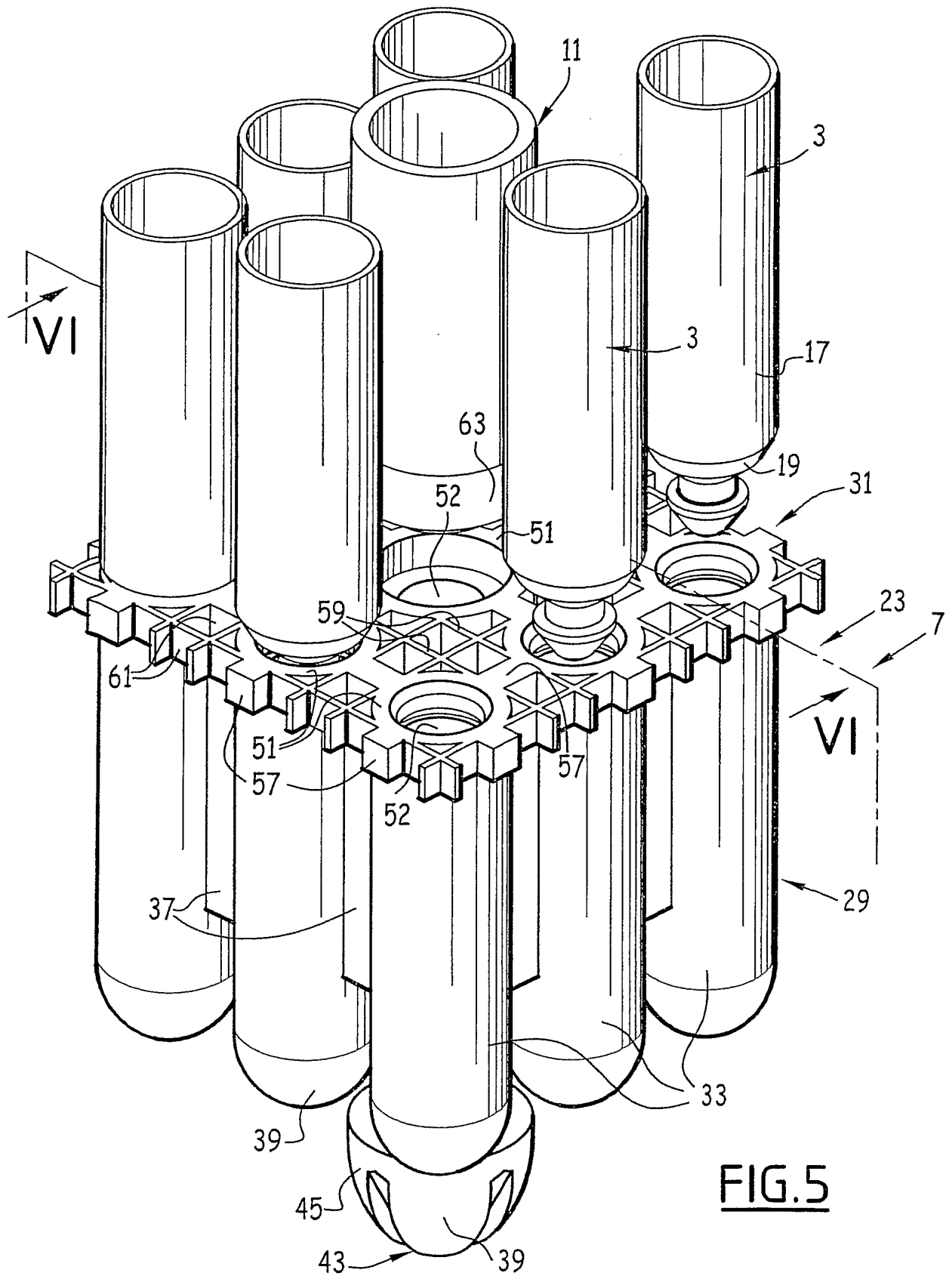


FIG. 4

3/12

FIG. 3

4/12



5/12

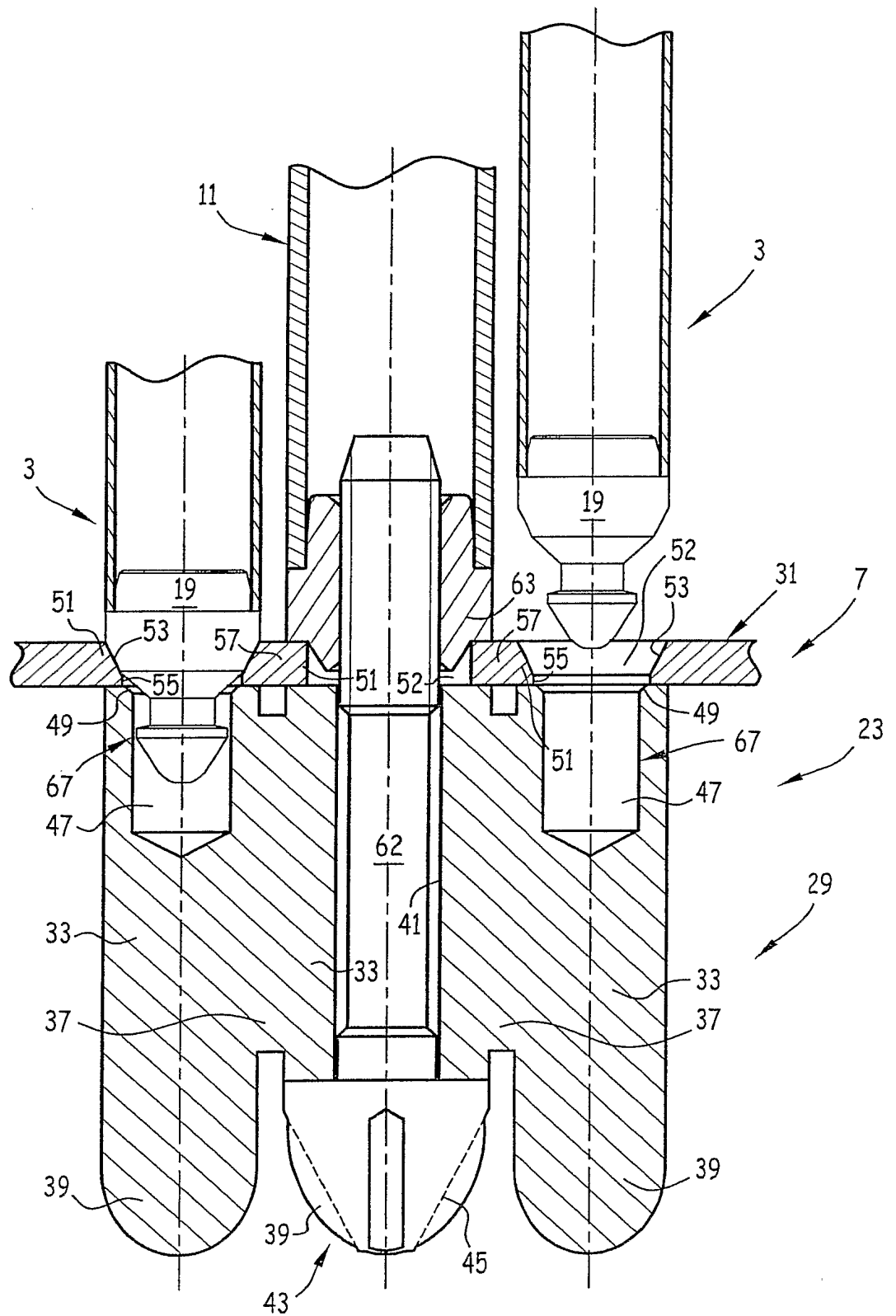


FIG.6



6/12

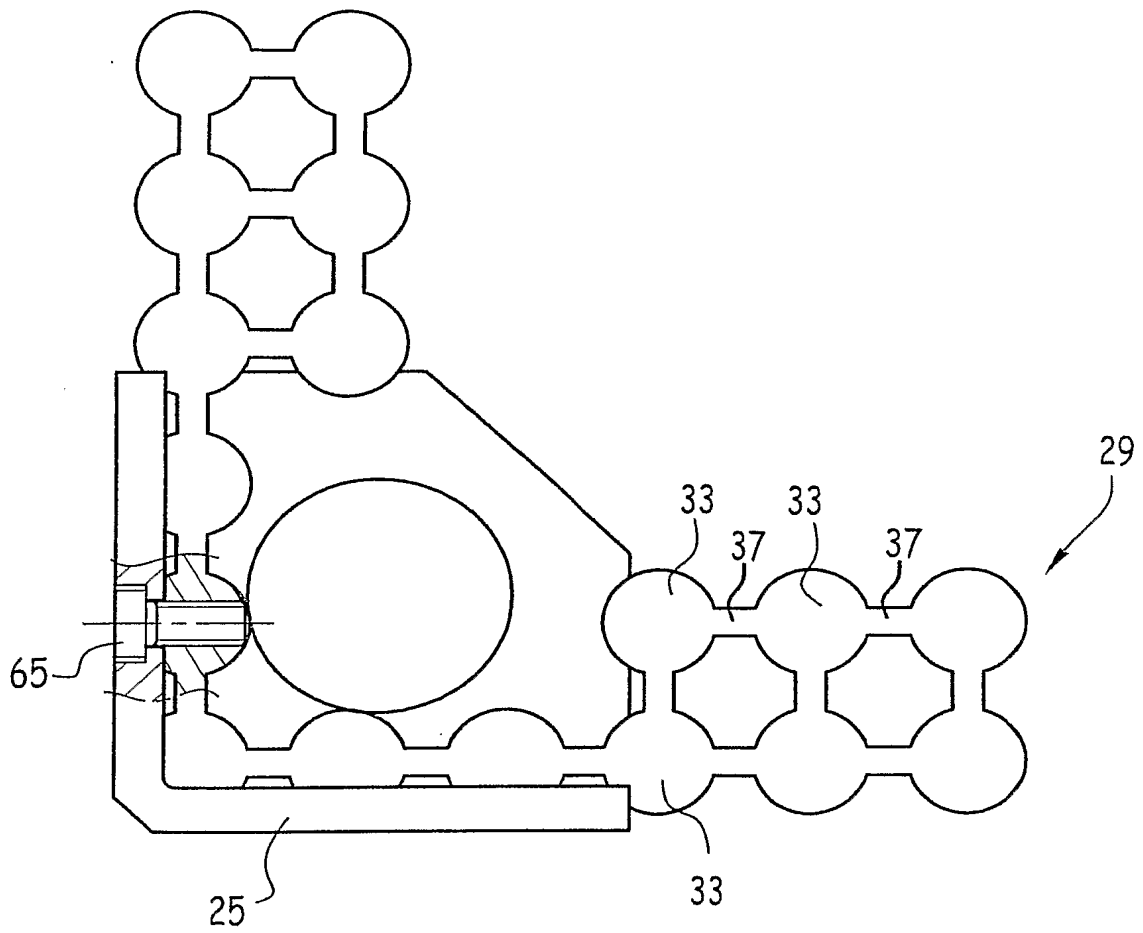


FIG. 7

7/12

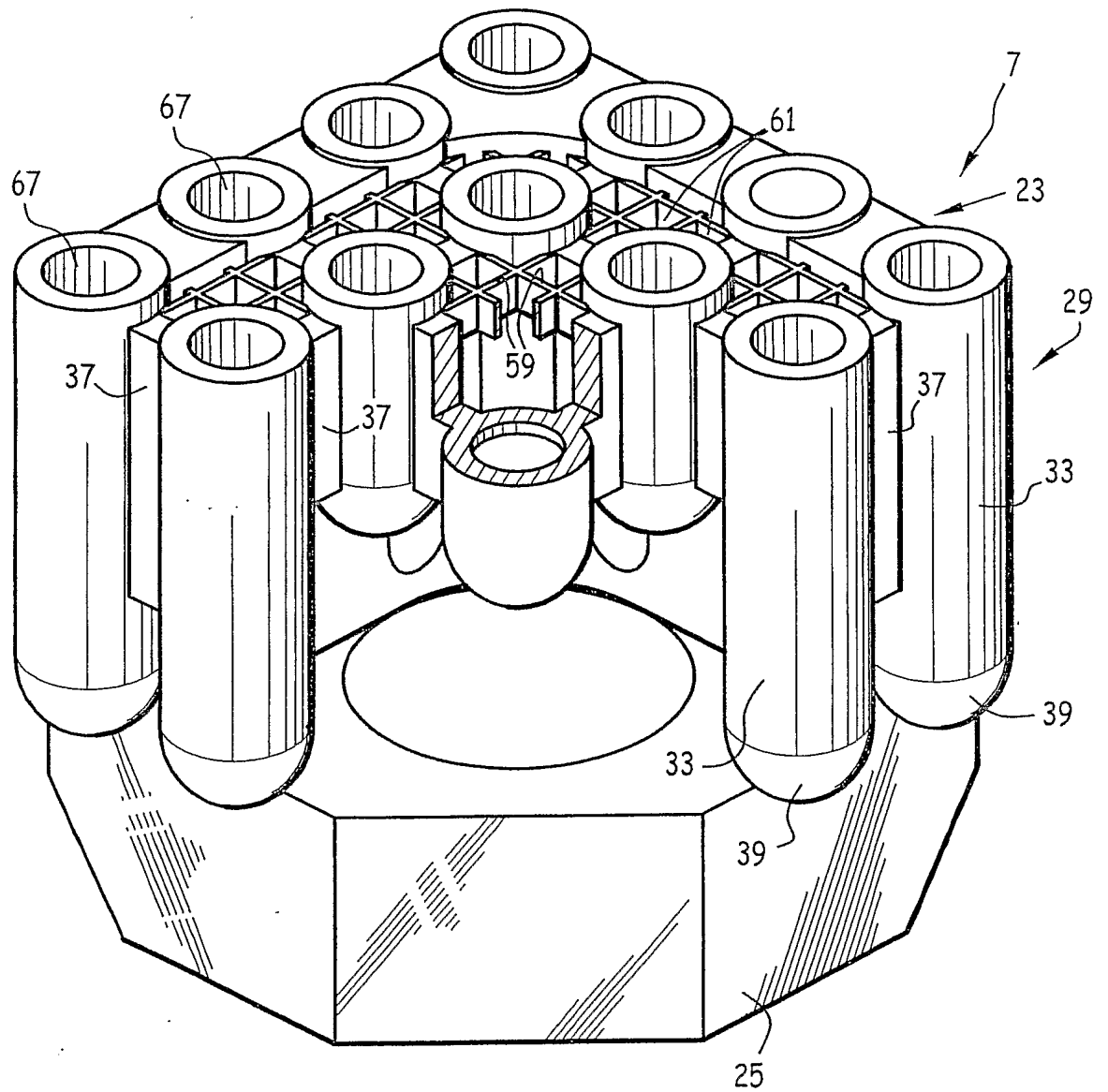
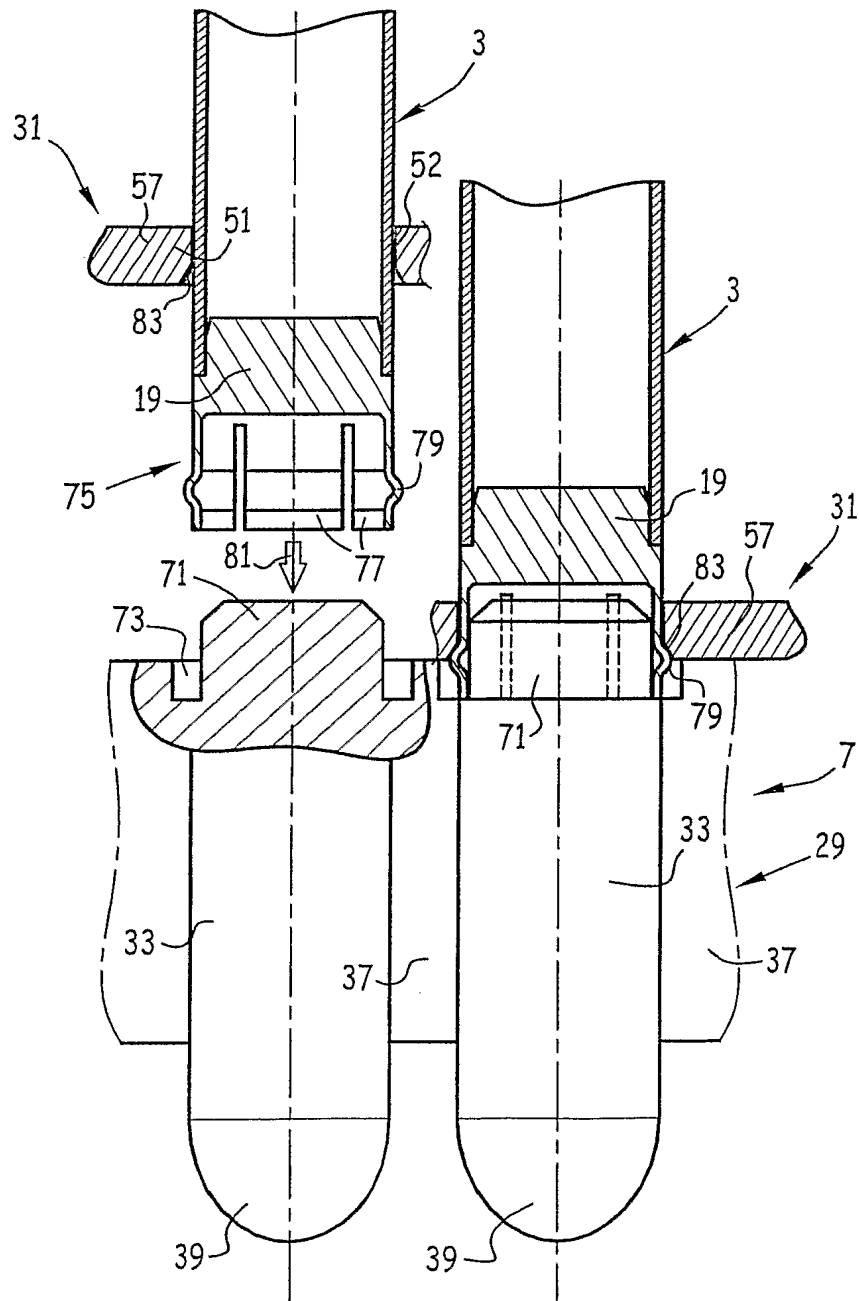


FIG. 8

8/12

FIG. 9

9/12

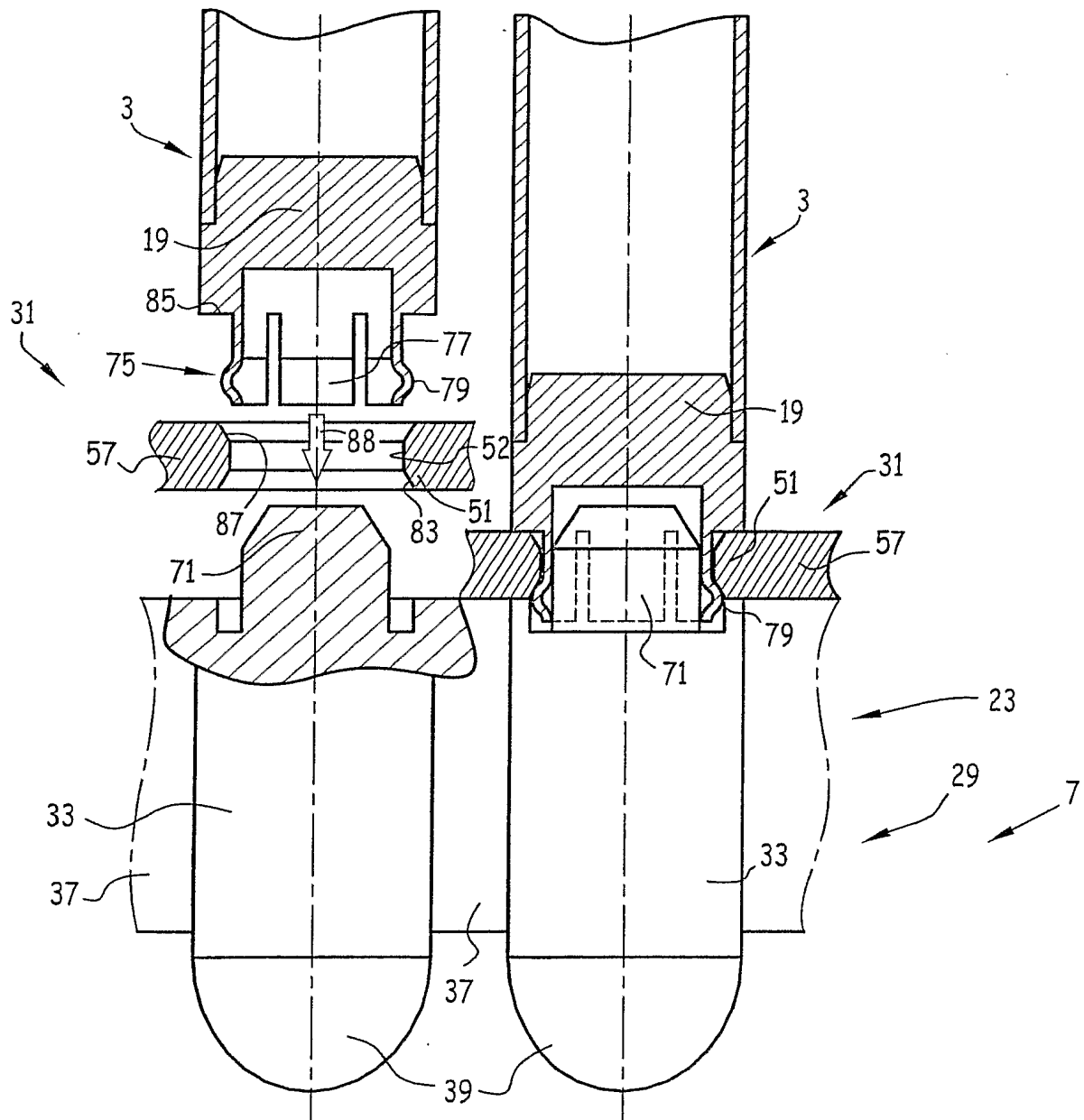


FIG.10

10/12

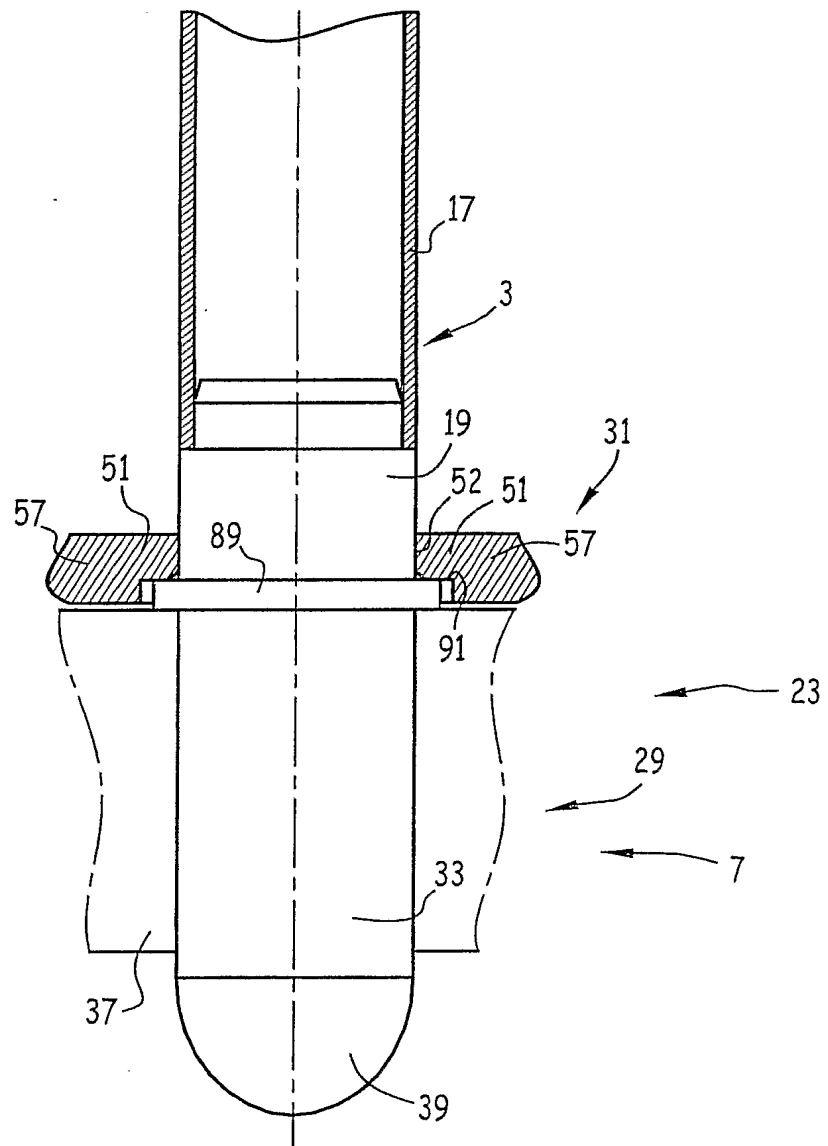


FIG. 11

11/12

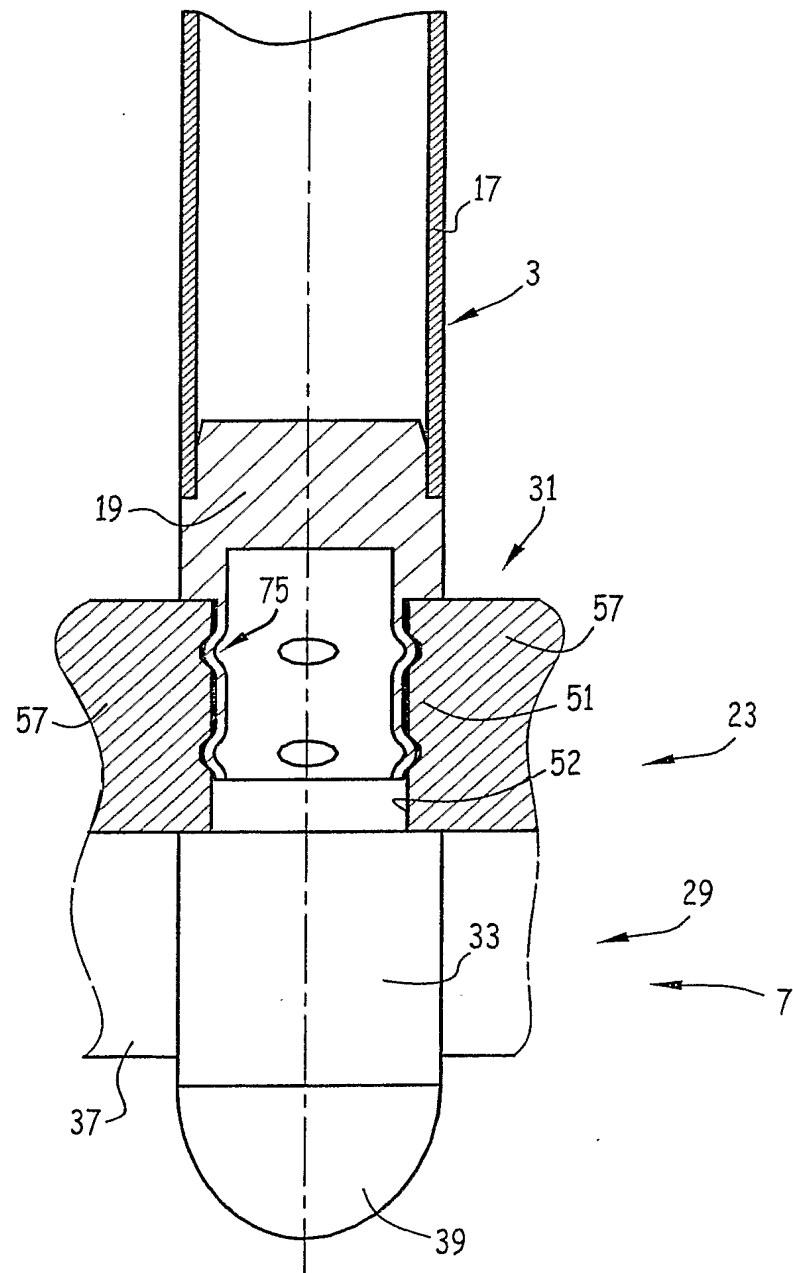


FIG.12

12/12

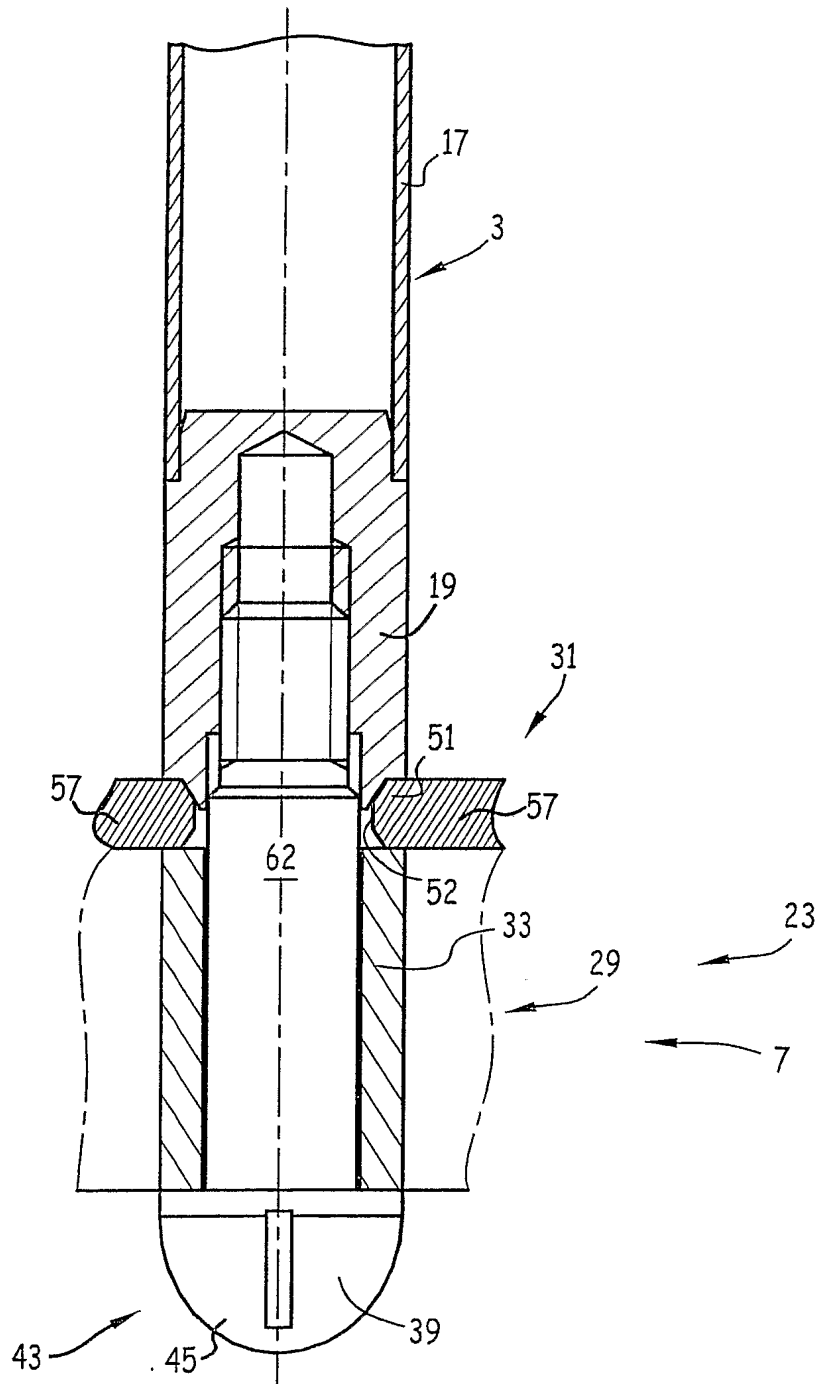


FIG.13